

■ 論 文 ■

활동 스케줄 분석을 통한 고령자의 통행특성과 통행행태에 관한 연구

Analysis of the Elderly Travel Characteristics and Travel Behavior with Daily Activity Schedules (the Case of Seoul, Korea)

서 상 언 (중앙대학교 도시공학과 석사) **정 진 혁** (중앙대학교 도시공학과 부교수) **김 순 관** (서울시정개발연구원 연구위원)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - 2. 연구의 범위 및 방법
 - II. 관련이론 및 기존 연구 고찰
 - 1. 비집계분석의 접근 방법인 활동기반모형
 - 2. 이산 선택모형 (Discrete Choice Models)
 - III. 모형 설정
 - 1. 기초 자료 및 활동 스케줄 분석
 - 2. 변수의 분류 및 변수의 설정
 - 3. 활동 스케줄링 모형의 구조 설정
 - 4. 대안의 설정 (Choice Set Generation)
 - 5. 통합된 활동 스케줄링 모형 정산
 - IV. 결론
 - 1. 연구의 요약 및 결론
 - 2. 연구의 한계 및 향후 과제
- 참고문헌

Key Words : 활동기반접근, 활동 스케줄링 모형, 고령자, 네스티드 로짓모형, 비집계분석, 교통수요예측모형
 Activity-Based Approach, Activity Scheduling Model, Elderly People, Nested Logit Model, Discrete Choice Analysis, Travel Demand Forecasting

요 약

우리나라도 2000년에 65세 이상 고령자 인구가 전인구의 7%에 도달하면서 소위 고령화 사회에 진입하게 되었고, 앞으로 25년간 우리나라 고령자인구의 증가율은 세계적으로 유례없이 급속할 것으로 예상된다. 이러한 측면에서 최근 고령화 문제가 사회적인 이슈로 대두됨에 따라 교통시설물 계획 등에서 고령인구의 통행특성을 고려한 계획 및 설계가 필수적으로 요구되어지고 있다. 하지만, 기존의 교통수요 중심의 집계분석 방법론에서는 일반인과 고령자의 평균값을 사용함으로써 고령자의 통행 특성 및 사회경제적 특성을 고려하는데 한계를 가지고 있다. 따라서 본 연구는 일반인과 다른 고령자의 통행특성을 분석하기 위해 네스티드 로짓모형을 이용하여 개인의 통행특성을 반영할 수 있는 비집계분석의 방법론으로 활동 스케줄링 모형을 구축하고 정립하였다.

본 연구에서의 분석결과 일반인과 비교해 고령자의 통행특성은 직장인과 비직장인 모두에서 출발시간과 수단 선택에서 큰 차이를 가지는 것으로 분석되었다. 이러한 개인 통행특성의 차이를 간과한 기존의 교통수요 중심의 집계분석 방법론으로 장래 수요 예측시에 큰 편이를 초래할 것으로 예상된다. 따라서 본 연구는 개인통행특성을 고려하기 위해 활동기반모형의 필요성을 강조할 수 있는 좋은 선행과제가 될 것으로 기대한다. 또한, 활동기반분석의 지속적인 연구 및 이에 대한 개발은 현재 대두되고 있는 도로사업 평가의 신뢰성, 향후 교통 시설물 계획 및 설계 평가에 중요 요소로 인식되는 교통량 예측 등에 대한 신뢰성 향상에 많은 기여를 할 것으로 판단된다.

Korea has been entering the ageing society as the population of age over 65 shared over 7% since the year 2000. The ageing society needs to have transportation facility considering elderly people's travel behavior. This study aims to understand the elderly people's travel behavior using recent data in Korea.

In order to understand elderly people's behavior, this study has developed a model of a person's day activity schedule. The activity schedule approach begins with travel outcomes are part of an activity scheduling decision. For those approach, used discrete choice models (especially, Nested Logit Model) to address the basic modeling problem capturing decision interaction among the many choice dimensions of the immense activity schedule choice set.

The day activity schedule is viewed as a set of tours and at-home activity episodes tied together with overarching day activity pattern using the Seoul Metropolitan Area Transportation Survey data, which was conducted in June, 2002. Decisions about a specific tour in the schedule are conditioned by the choice of day activity pattern. The day activity scheduling model estimated in this study consists of tours interrelated in a day activity pattern. The day activity pattern model represents the basic decision of activity participation and priorities and places each activity in a configuration of tours and at-home episodes. Each pattern alternative is defined by the primary activity of the day, whether the primary activity occurs at home or away, and the type of tour for the primary activity.

In travel mode choice of the elderly and non-workers, especially, travel cost was found to be important in understanding inter-personal variations in mode choice behavior though, travel time was found to be less important factor in choosing travel mode. In addition, although, generally, the elderly was likely to choose transit mode, private mode was preferred for the elderly over 75 years old owing to weakened physical health for such things as going up and down of stairs. Therefore, as entering the ageing society, transit mode should be invested heavily in transportation facility planning for improving elderly transportation service.

Although the model has not yet been validated in before-and-after prediction studies, this study gives strong evidence of its behavioral soundness, current practicality, and potential for improving reliability of transportation projects superior to those of the best existing systems in Korea.

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

유엔의 고령자 인구 구성비율에 따른 국가 분류에 의하면, 우리나라도 2000년에 65세 이상 고령자 인구가 전체 인구의 7%에 도달하면서 소위 고령화 사회(aging society)에 진입하게 되었고, 2004년 현재 총 인구 중 65세 이상 인구의 비중은 8.7%로 2003년 8.3%에 비해 0.4% 증가하였으며 10년전인 1994년 5.7%에 비해서는 3.0% 증가하였다.

통계청의 장래인구추계에 따르면, 2019년에는 14.4%로 고령사회에 진입하고, 2026년에는 초(超)고령사회에 도달할 전망이다. 그리고 <표 1>에서 보듯이 앞으로 25년간 우리나라 고령자 인구의 증가율은 세계적으로 유례없이 급속할 것으로 예상된다.

이와 같이 최근 고령화 문제가 사회적인 이슈로 대두됨에 따라 교통시설물 계획 등에서 고령인구의 통행 특성을 고려한 계획 및 설계가 필수적으로 요구된다.

그러나 현재 우리나라의 교통계획 실무에서 교통준중심의 집계분석의 방법론으로 널리 활용되고 있는 4단계 교통수요 분석의 각 단계에서 사용되는 수요모형은 통행량과 이를 설명하는 각종 사회경제적 변수가 존 단위로 집계되어 개인 혹은 개별 가구의 평균값이 하나의 관측치로 이용된다. 따라서 개인 혹은 개별 가구의 통행

행태, 사회경제적 특성 등을 고려할 수 없는 한계를 가지고 있다.

그러나 현재, 구미를 중심으로 이루어지고 있는 비집계분석에 의한 접근방법은 우리나라의 경우, 관련 연구는 거의 전무한 상태에 있으며, 현재까지 외국에서 기정립되어 사용되고 있는 이론 및 모형을 직접 우리나라에 적용하기에는 큰 무리가 있다. 이는 결과적으로, 편이(Biased)된 결과를 도출할 수 있으므로 이에 대한 지속적이고 적극적인 투자가 필요한 시점이다.

본 연구에서는 2002년 서울시 가구통행실태조사 자료를 이용하여 고령자의 통행특성을 분석하고 일반인들과의 차이점 이해를 바탕으로, 비집계분석에 의한 접근 방법으로 활동기반모형(Activity-Based Model)을 적용하여, 고령자의 통행을 그 자체로서의 이해를 넘어 활동의 개념에서 분석하고자 한다. 이를 위하여, 활동 참여에 대한 분석, 시·공간적 활동 스케줄 분석, 시·공간적 그리고 개인 상호간의 제약에 대한 분석 및 일정 시간 동안의 활동과 통행선택에 대한 상호 연관성을 고려할 수 있는 통합된 모형을 구축하여 고령자의 통행특성을 분석하고자 한다.

본 연구에서 구축하고자 하는 통합모형은 표준 로짓모형이 갖는 IIA(Independence from Irrelevant Alternatives)문제를 극복하고 시·공간적 제약에 따른 통행선택의 상호 연관성을 고려하기 위해 결합 로짓모형(Joint Logit Model)의 일반화된 형태인 네스티드 로짓모형(Nested Logit Model)을 이용하고자 한다. 모형의 구성은 65세미만의 일반인과 65세 이상의 고령자를 직장인과 비직장인을 대상으로 활동패턴모형(Activity Pattern Model)과 활동패턴의 제약하에서 가정기반 출발시간 선택 모형(Home-Based Departure Time Model), 그리고 가정기반 수단 선택 모형(Home-Based Mode Choice Model)과 비가정기반 수단 선택 모형(Work-Based Mode Choice Model)의 조건부 여행 모형(Conditional Tour Models)으로 구성되어진다. 활동패턴 모형은 하루 활동의 선택 및 목적에 대한 선택에 관한 모형이며, 조건부 여행모형은 시간대, 통행 목적지 및 수단 선택에 관한 모형이다.

2. 연구의 범위 및 방법

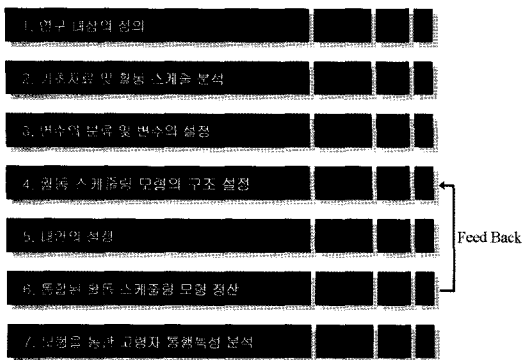
본 연구에서의 진행과정은 <그림 1>에서 보는바와 크게 7 단계의 과정으로 이루어지며, 연구의 범위 및

<표 1> 인구 고령화속도 국제 비교

국가	고령 인구 비율			2002년 65세이상 인구 구성비 (%)		
	7%	14%	20%	7%→14%	14%→20%	
프랑스	1864	1979	2019	115	40	16.3
노르웨이	1885	1977	2021	92	44	14.9
스웨덴	1887	1972	2011	85	39	17.2
호주	1939	2012	2030	73	18	12.7
미국	1942	2014	2030	72	16	12.3
캐나다	1945	2010	2024	65	14	12.7
이탈리아	1927	1988	2008	61	20	18.6
영국	1929	1976	2020	47	44	15.9
독일	1932	1972	2010	40	38	17.3
일본	1970	1994	2006	24	12	18.4
한국	2000	2019	2026	19	7	7.9

자료 출처: UN, "The Sex and Age Distribution of World Population.", 각년도 일본 국립사회보장·인구문제연구소, "인구통계자료집", 2003 OECD, "OECD Health Data", 2004

방법을 간략히 설명하자면, 첫째, 연구 대상의 정의 단계에서는 65세 이상의 연령대를 고령자로 정의한다. 둘째, 기초자료 및 활동 스케줄 분석 단계에서는 2002년 서울시 가구통행실태조사 자료의 기초 자료 분석 및 활동 스케줄을 분석한다. 셋째, 변수의 분류 및 변수의 설정 단계에서는 하위의 활동 스케줄에 영향을 미칠 것으로 판단되는 설명변수의 형태(Variable Type)를 결정하고 2002년 서울시 가구통행실태조사 자료를 통하여 설명변수 형태의 속성을 결정한다. 넷째, 활동 스케줄링 모형의 구조 설정 단계에서는 본 연구에서 정립하고자 하는 활동 스케줄링 모형의 구조(Structure)를 설정한다. 다섯째, 대안의 설정 단계에서는 Universal Choice Set으로부터 Choice Set을 설정하는 단계이다. 여섯째, 통합된 활동 스케줄링 모형 정산 단계에서는 네스티드 로짓모형(Nested Logit Model)의 모수(Parameters) 및 Inclusive Value의 모수를 추정한다. 마지막 단계인 모형을 통한 고령자의 통행 특성 분석 단계에서는 본 연구에서 정산된 활동 스케줄링 모형을 가구통행실태조사 자료에 적용하여 일반인과 고령자 통행특성 및 통행 행태의 차이를 분석한다.



(그림 1) 연구의 진행과정

II. 관련이론 및 기존 연구 고찰

1. 비집계분석의 접근 방법인 활동기반모형

4단계 교통수요 분석과 같은 전통적인 교통존 중심의 집계분석에 의한 접근방법의 문제점의 해결 방안으로 개인 및 가구를 분석단위로 한 비집계분석에 의한 접근으로 30년 전, 영국 옥스퍼드대학의 교통연구팀에서 처음 논의된 활동기반모형은 첫째, '통행은 그 자체가 목적이

아니고 인간의 욕구와 활동을 충족시키기 위해 발생하는 파생수요다.'라는 교통수요의 기본 전제와 둘째, "활동이 시·공간적 제약하에서 연관관계를 가지며 발생한다."라는 두 가지 기본 개념을 적절히 수용할 수 있는 새로운 패러다임으로 인식되어 왔다. 그러나 활동기반모형의 우수성에도 불구하고, 자료의 제약성, 계산 및 모형의 복잡성, 그리고 분석이론과 방법론 등의 제한성 등으로 인하여 현장에서의 적용은 매우 제한적이었다. 그러나 최근 컴퓨터의 급격한 발전과 분석 및 방법론 등의 이론적 성장은 활동기반모형의 실제 분석으로의 적용이 가능할 수 있는 수준으로 발전했으며, 1980년대 이후부터는 기존의 통행기반모형(Trip-based Model)을 대체할 수 있는 방법론으로 인식되어, 활발한 연구가 진행되고 있다.

1) 활동기반모형의 연구동향

활동기반모형에 입각한 연구는 주로 구미를 중심으로 인간의 통행 행태 및 활동과 관련한 다양한 분야에서 급속한 속도로 진행되고 있다. 활동기반모형의 다양한 범위에도 불구하고 이러한 연구들은 주로 사람들이 다른 활동사이에서 그들의 시간을 어떻게 할당하는지의 문제와 다양한 활동사이의 시·공간적 제약 문제를 다루는 등의 커다란 공통점을 가지고 있다.

국내에서 활동기반모형 관련 연구는 안용성·정진혁(2001), 이동규(2001), 최연숙·정진혁(2002)에 의해 수행된 구조방정식을 적용한 연구와 최연숙·정진혁·김성호(2002), 최연숙·정진혁(2003)에 의해 다수준 모형을 이용한 연구가 최근에 이루어지고 있으나, 활동 스케줄링 모형을 적용한 연구는 아직 국내에서 이루어지지 않고 있는 실정이다.

2) 활동기반모형의 방법론

활동기반모형에서 최근 만들어지고 지금까지 계속 진행 중인 연구에서 활동기반모형을 이용하여 활동과 통행 패턴을 예측하기 위한 방법론은 무수히 많다. 이 방법론들 중, 장기간에 걸쳐 이루어지고 있는 방법론으로 가장 중심을 이루고 있는 방법론은 크게 5가지로 나눌 수 있다(Pas, 1996).

첫째, 조건-활동 유형의 규칙을 사용하여 의사결정 과정을 설명하며 전통적인 통행기반모형에 비하여 개인의 의사결정과정을 명확하게 설명하는 계산적 방법 모형

(Computational Process Models), 둘째, 어떠한 조건이 현재 시점에서는 실패되지 않았지만, 시점 t에서 '실패'할 확률을 모형화하는 위험율을 기초로 한 지속시간 모형(Hazard-Based Duration Models), 셋째, 본래 통행기반모형의 맥락에서 개발되었고 적용되었지만, 최근 활동과 통행의 상호 연관성에 대한 연구에 적용되고 있는 이산-연속 선택모형(Discrete Choice Models), 넷째, 심리학, 사회학, 마케팅 분야 등에서 주로 사용되어 왔으며, 많은 변수들의 상호 연관성을 모형화할 수 있다는 이점으로 통행태 연구에 적용되고 있는 구조방정식 모형(Structural Equation Models), 다섯째, 표본 추출 과정에서 자료의 계층적 구조를 갖게 되는데서 발생할 수 있는 편이(Bias)를 보완하는 방법인 다수준 모형(Multi-Level Models)이다.

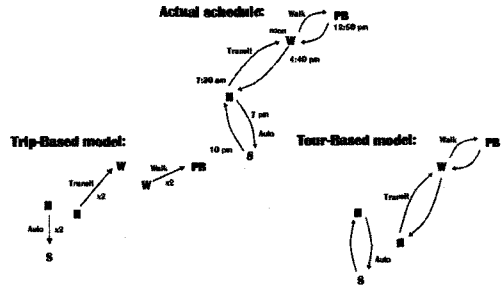
2. 이산 선택모형(Discrete Choice Models)

통행수요를 모형화하기 위해 활동기반모형에 의해 강조되어지는 통행 행동의 복잡성을 모형화하는 다른 하나의 방법은 이산 선택모형(Discrete Choice Models)을 사용하는 것이다. 이산 선택모형은 대부분 로짓모형(Logit model)을 이용하여, 본래 통행기반 모형의 맥락에서 개발되었고 적용되었지만, 최근 활동과 통행의 상호 연관성에 대한 연구에 적용되고 있다. 예를 들어, Ben-Akiva and Bowman(1995)은 하루의 활동 통행 패턴을 여행(Tour)의 개념을 고려하여 모형화하였으며, 각 Tour는 주요 활동과 목적지를 갖는다고 가정하였고, 주요 활동은 각 Tour의 중요 동기가 된다고 설정하였다. 모형은 네스티드 로짓모형으로 구축되었으나, 이 모형은 시간과 공간적 영향을 매우 제한하였다는 문제가 있다.

Bhat(1997)는 업무 통근 중에 비업무 방문 수와 업무 수단 선택의 복합모형을 개발함으로써 이산 선택 모형의 유용성을 확대하였다. 수단선택은 비순서 선택 모형을 사용하여 모형화하였고 방문 수는 순서형 확률 모형을 사용하여 모형화하였다. 모형에 사용된 자료는 1990년 Boston 지역의 조사자료를 사용하였으며, 업무를 위한 수단선택과 업무통근에서 비업무 활동 방문 수 사이에서 상호관계의 중요성에 대하여 설명하였다.

이산 선택모형은 <그림 2>에서 보는 바와 같이 실제 스케줄(Actual Schedule)의 선택결과를 어떻게 나누냐에 따라 두 개의 접근방법으로 구분할 수 있다. 첫째, 전통적인 통행기반모형과 같이 활동 스케줄(Activity

Schedule)을 통행(Trip)의 단위로 나누는 통행기반모형(Trip-Based Model)과 둘째, 최근에 시도되고 있는 접근방법으로 통행(Trips)들을 Tours로 결합하여 분석하는 여행기반모형(Tour-Based Model)으로 분류할 수 있다.



<그림 2> 통행기반모형과 여행기반모형

통행기반모형은 Washington D.C.(Ben-Akiva, Adler, Jacobsen et al., 1977)와 San Francisco Bay(Ruiter and Ben-Akiva, 1978)지역의 Metropolitan Transportation Commission(MTC)에 대해 1970년대 중반에 처음으로 개발되어졌다. 하지만, 가정기반 통행과 비가정기반 통행을 분리하여 순차적으로 모형화 함으로써, 스케줄링의 변화를 정확히 예측할 수 없는 한계를 가지고 있다. 즉, 활동 스케줄을 통행으로 분리함으로써, 통행간의 연관성을 고려할 수 없는 한계를 가지고 있다. 통행간의 연관성을 고려할 수 있는 여행기반모형은 1980년대에 네덜란드(Daly, van Zwam and van der valk, 1983; Gunn, van der Hoorn and Daly, 1987; Hague Consulting Group, 1992)에서 개발되었으며, 현재까지 네덜란드와 유럽지역에서 널리 사용되고 있다. 여행기반모형은 통행간의 연계성을 고려할 수 있으나 여행(Tour)간의 연계성을 고려할 수 없는 한계를 가지고 있다.

1) 확률선택모형

이산 선택모형에서 사용되는 확률선택모형은 소비자의 선택행위이론에 근거하고 있다. 확률선택모형은 모든 의사결정주체는 선택 가능한 모든 대안들중에서 가장 바람직하고 매력적인 대안을 선택한다는 사실에 기초를 두고 있다. 각 대안의 바람직함이나 매력의 정도는 대안의 특성(attributes)의 함수로 표현되는데, 이것이 바로 경제학적 용어로 효용함수(utility function)이다. 따라서 확률선택모형의 기본원리는 개별 의사결정주체는 선택

가능한 많은 대안들 중에서 효용을 극대화시키는 대안을 선택한다는 것이다.

확률선택모형이 활용되기 시작한 것은 전통적인 4단계 교통수요분석의 세 번째 단계인 교통수단 선택행태의 분석과 예측을 위해서였다(예: Warner, 1962; Lisco, 1967; Lave, 1969). 따라서 존 단위의 집계자료가 아닌 개인 혹은 가구 단위의 비집계자료를 이용하여 다양한 측면의 통행선택행태를 분석하고 정책변수의 영향을 예측하기 위해 확률선택모형이 활용되고 있다.

2) 네스티드 로짓모형

로짓 모형(Logit Model)은 오차항이 Extreme Value Type I Distribution의 위치모수(Location parameter)인 $\alpha=0$, 크기모수(Size parameter)인 $\beta=1$ 인 Standard Gumbel 분포를 가정한 확률선택모형이다. 표준 로짓모형은 IIA 성질(Independence from Irrelevant Alternatives Property)을 가정하고 있는데, IIA 성질은 모형의 모수(Parameters) 추정시에 관심 대상의 선택 대안들만의 모수 추정을 가능하게 하는 장점을 갖는 동시에 McFadden의 Blue bus, Red bus의 유명한 예시와 같이 관심 대상 이외의 제3의 대안이 존재시 문제가 발생할 수 있는 단점을 가지고 있다.

이러한 IIA성질의 문제를 극복하고자 Ben-Akiva (1973)에 의해 결합로짓모형(Joint Logit Model)의 일반형으로 네스티드 로짓모형(Nested Logit Model)이 처음으로 유도되었으며, 이후 Daly and Zachary (1979), Williams(1977), Ben-Akiva and Lerman (1979), McFadden(1978)에 의해 네스티드 로짓모형은 GEV 모형(Generalized Extreme Value Model)의 특이한 형태임이 증명되었다.

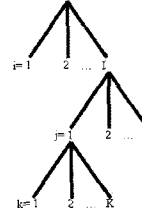
네스티드 로짓의 선택확률은 한계선택확률(Marginal choice probability)과 조건부선택확률(Conditional choice probability)에 의해 표현되며, 나뭇가지 구조(tree structure)에서 차상위 계층구조의 대안들을 묘사하는 설명변수로 Inclusive Value(log sum)를 가진다.

본 연구에서 사용하게 될 <그림 3>과 같은 3단계의 나뭇가지 구조(tree structure)에 의해 표현되는 네스티드 로짓 모형을 간단하게 살펴보면 다음과 같이 계산된다.

$$P_n = P_n(k|i,j) * P_n(j|i) * P_n(i) \tag{1}$$

여기서 $P_n(k|i,j)$ 는 i 와 j 가 주어진 상황에서 k 를 선

택할 조건부확률이다 $P_n(j|i)$ 는 i 가 결정된 상황에서 j 가 선택될 조건부확률이다. $P_n(i)$ 는 i 가 선택될 한계확률이다.



<그림 3> 3단계의 네스티드 로짓모형 예시

각각의 선택주체들은 표준로짓모형에 의해 정립된 것과 같은 효용함수를 평가해서 대안을 선택하는 것으로 가정된다. <그림 3>에 주어진 예에서, 선택된 k 와 선택되지 않은 k 에 관한 표본관측치의 자료를 이용해서 조건부 확률함수 $P_n(k|i,j)$ 의 모수(parameters)를 추정한다. 조건부확률 $P_n(k|i,j)$ 는 미지의 모수 벡터 β 를 포함한다.

$$P_n(k|i,j) = \frac{e^{\beta X_{ijk}}}{\sum_{k=1}^K e^{\beta X_{ijk}}} \tag{2}$$

단, X_{ijk} = 대안(i, j, k)를 위한 설명변수의 벡터

모수의 벡터 β 가 추정되고 나면 다음과 같이 각각의 j 에 대하여 Inclusive value I_{ij} 가 계산된다.

$$I_{ij} = \text{Ln} \sum_{k=1}^K e^{\beta X_{ijk}} \tag{3}$$

Inclusive Value(Logsum 또는 Accessibility라 불리기도 함) I_{ij} 는 어떤 하나의 주어진 대안 j 에 속하는 대안 $k=1, 2, \dots, K$ 의 최대효용의 기대값이다.

이제 조건부확률함수 $P_n(j|i)$ 가 선택된 j 와 선택되지 않은 j 에 관한 표본관측치의 자료를 이용해서 다음과 같이 추정된다.

$$P_n(j|i) = \frac{e^{\alpha Y_{ij} + \lambda I_{ij}}}{\sum_{j=1}^J e^{\alpha Y_{ij} + \lambda I_{ij}}} \tag{4}$$

단, Y_{ij} =대안 (i, j) 를 위한 설명변수의 벡터

설명변수들의 벡터 Y_{ij} 의 모수 α 와 Inclusive Value I_{ij} 의 모수 λ 가 추정되고 나면, 또 하나의 Inclusive Value인 J_i 가 각각의 i 에 대하여 다음과 같이 계산된다.

$$J_i = \text{Ln} \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K e^{\beta X_{ijk} + \alpha Y_{ij}} \quad (5)$$

$$= \text{Ln} \sum_{j=1}^J e^{\alpha Y_{ij} + \lambda I_{ij}}$$

다음에 어떤 하나의 대안 i 를 선택할 한계확률함수 $P_n(i)$ 가 다음과 같이 추정된다.

$$P_n(i) = \frac{e^{\gamma Z_i + \tau J_i}}{\sum_{i=1}^I e^{\gamma Z_i + \tau J_i}} \quad (6)$$

단, Z_i =대안 i 의 설명변수의 벡터

설명변수들의 벡터 Z_i 의 모수 γ 와 Inclusive Value J_i 의 모수 τ 가 여기서 추정된다.

지금까지 살펴본 $P_n(k|i, j)$, $P_n(j|i)$, $P_n(i)$ 의 세 가지 확률의 곱이 네스티드 로짓 선택확률 $P_n(ijk)$ 이 된다.

네스티드 로짓모형이 표준로짓모형과 뚜렷이 다른 점은 바로 Inclusive Value의 존재이다. Inclusive Value의 추정계수 값은 '나무가지 구조'의 아래 단계에서 하나의 그룹으로 분류된 선택대안들의 유사성의 정도를 나타낸다. 앞서 살펴본 세 단계의 선택 (i, j, k) 로 계층화되어 표현되는 선택의 상황에서 Inclusive Value의 계수값 λ 와 τ 가 통계적으로 1과 충분히 다른 것으로 밝혀지면 이는 실제로 IIA성질이 유지되지 않는 상황임을 알 수 있다. 다시 말하면, Inclusive Value의 추정계수 값 λ 와 τ 가 1과 같은 것으로 밝혀지면 네스티드 로짓모형은 표준로짓모형을 이용한 추정계수의 값과 같아지므로 구하여 네스티드 로짓모형을 사용할 타당성이 없다고 볼 수 있다. 즉 단순히 표준로짓모형을 사용해도 문제가 없으며, 표준로짓모형을 이용한 추정계수의 값이 결코 편이(Biased)된 추정치가 아님을 알 수 있다.

네스티드 로짓모형의 추정값은 위에서 설명한 것과 같이 McFadden(1973)에 의해 개발된 조건부 로짓모형(Conditional Logit Model)에 의해 최하위 계층부터 추정하는 순차적인 방법(Sequential Estimation or

Limited Information Maximum Likelihood)과 순차적인 방법에서 추정된 모수를 시작점(Starting Values)으로 하는 동시적인 방법(Simultaneous Estimation or Full Information Maximum Likelihood)이 있다. 본 연구에서는 동시적인 방법의 경우 수렴의 불확실성으로 인해 순차적인 방법으로 모수를 추정하였다.

III. 모형 설정

1. 기초자료 및 활동 스케줄 분석

1) 모형 활용 자료

비집계 활동기반모형의 가장 문제점으로 지적되는 사항은 입력자료 구축에 소요되는 시간 및 비용이라 할 수 있다. 따라서 비집계 활동기반모형의 기존 연구에서는 국내 자료의 부적합으로 인해 외국의 자료를 이용한 것이 대부분이었다. 따라서 실제 국내에 적용은 불가능한 한계점을 가지고 있었다. 따라서 본 연구에서는 기존의 국내자료를 최대한 활용하고자 하였다.

본 연구에 부합하는 국내 자료는 2002년 가구통행실태조사 자료로써 5년마다 지속적으로 업데이트 될 예정이므로 향후 자료의 활용 측면에서도 우수한 것으로 판단된다. 하지만, 개인 통행시간 및 통행비용은 선택 대안에 관한 속성만이 조사 되어 가구통행실태조사 당시에 구축되어지지 않아 본 연구에서의 모형 설정시에 문제점을 가진다. 이러한 문제점을 해결하고 교통계획 실무에서 네트워크 Performance의 변화를 반영하기 위해 시정개발연구원에서 구축된 1132개 존 체계의 네트워크로부터 통행시간 및 통행비용을 산출하였다. 본 연구에 사용된 입력 자료에 관한 간략한 설명은 다음과 같다.

(1) 2002 서울시 가구통행실태조사

합리적이고 실효성 있는 교통정책을 수립·집행하기 위해서는 교통여건 변화 및 현상을 파악·분석할 수 있는 신뢰성 있는 자료가 필요하고, 신뢰성 있는 자료를 확보하기 위한 종합적인 정거교통조사가 요구되는 실정에서 2002년도는 1996년 서울시 교통센서스를 수행한 후 5년이 경과한 시점으로써 제2차 종합정거조사를 수행하게 된 것이다.

가구통행실태조사의 목적은 서울 중심의 교통통행실태 및 교통 현황을 종합적으로 조사·분석하여 2002년

을 기준으로 한 최신 데이터를 구축하고, 조사된 자료를 바탕으로 기종점 자료 및 교통지표 산정을 주된 목적으로 한다.

본 연구에서는 전체 자료의 30%(총 96,971명중 63,384명이 통행발생)를 구축하였다. 하지만 개별행태 모형을 추정하는 경우 신뢰할 수 있는 파라미터를 추정하는데 필요한 표본의 수는 과거에는 미국의 경험에서 2,000~3,000개라는 설이 있으며, 일본에서는 800~1,000개의 표본이라면 어느 파라미터라도 95%의 확률로 상대오차 20% 이내로 추정할 수 있다는 연구결과가 있다(토목학회, 1995). 따라서 고령자의 경우 표본 크기(Sample size)의 부족을 해결하기 위해 65세 이상인 고령자의 전체자료(총 38,041명중 6,804명이 통행 발생)를 구축하였다.

기준일은 가구통행실태조사의 기준일인 2002년 4월 17(수요일)을 기준으로 모형 입력자료를 구축하였으며, 통행을 발생한 가구통행실태조사 자료는 고령자의 경우 4,723명이었으며, 일반인의 경우 42,728명이었다.

(2) 통행시간 및 통행비용

본 연구에서 통행시간 및 통행비용 자료를 산출하기 위해 사용된 서울시정개발연구원의 네트워크는 기준년도가 1999년이며 고속도로, 국도, 지방도, 시·군도 등 주요 간선도로를 포함한 1132개 존 지역을 중심으로 구성된 네트워크이다. 하지만 가구통행실태조사의 기준년도는 2002년이며, 존 체계는 1142개이므로 본 연구에서 1142개의 존 체계로 세분화 및 수정·보완하였다.

차내 통행 시간은 공로의 경우 사용자 균형(User Equilibrium)에 의한 통행배정을 통해 산출하였으며 대중교통의 경우 대중교통 네트워크의 라인(Line) 데이터를 이용하여 최적 전략 방법(Method of Optimal Strategies)의 통행 배정 기법에 의해 차내 통행 시간을 산출하였다. 차의 통행시간의 경우 2002년 국가교통DB 최종보고서에서 제시하는 원단위를 사용하여 산출하였다.

본 연구에서는 비집계 자료를 이용하여 활동스케줄링 모형을 구축하고자하므로 통행 시간대별 및 통행목적의 유형에 따라 통행시간 및 통행비용이 개별 가구와 가구구성원에 따라 상이하게 산정되어야 한다. 따라서 통행 비용의 경우 한국개발 연구원의 연구결과인 2001년 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)에서 제공하는 시간가치를 차내 통행시간에 적용한 일반화 비용을 본 모형에 적용하였다. 본 연구에서 승용차의 경우, 업무통행 시간가치는 10,580원/h,

비업무 통행시간가치는 3,460원/h를 적용하였다. 버스의 경우, 업무통행 시간가치는 9,623원/h, 비업무 통행시간가치는 3,460원/h를 적용하였다. 하지만, 통행시간의 경우 존 수준(Zone Level)의 집계자료를 그대로 사용하였다. 이는 향후, 자료수집과정에서 개선되어야 할 것이다.

2) 기초 자료 및 활동 스케줄 분석

가구통행실태조사 자료의 이해 및 모형 설정 방향을 설정하기 위하여 본 연구는 65세 이상의 고령자와 65세 미만의 일반인을 대상으로 직장인과 비직장인으로 나누어 통행목적, 통행빈도, 통행시간, 성별 등과 같은 기초 자료(Raw Data)를 분석하였다.

본 단계에서 분석된 내용은 모형의 변수 및 대안 설정에 대한 기초 자료로 활용되었으며, 활동 스케줄링 모형의 구조 설정에 이용되었다. 기초 자료의 분석 결과 직장인의 경우는 고령자와 일반인 모두 유사한 가정 기반 출발 시간을 가졌으며, 비 직장인의 경우 고령자들은 오전 첨두 시간을 회피하는 경향을 보였다. 그리고 가정기반 모형의 수단 선택에 있어서 일반인의 경우는 승용차를 선호하였으나 고령자는 버스와 지하철과 같은 대중교통을 선호하는 경향을 보였다.

2. 변수의 분류 및 변수의 설정

개인의 활동 스케줄을 설명하는 변수를 결정하기 위해 본 연구에서는 기존 연구 및 기초 자료 분석을 통하여 하루의 활동 스케줄에 영향을 미칠 것으로 판단되는 설명변수의 형태(Variable Type)를 결정하고 2002년 서울시 가구통행실태조사 자료를 통하여 설명변수 형태(Variable Type)의 속성을 결정하였다. 본 연구에서 설정한 설명변수의 형태(Variable Type)는 총 4개로

첫째, 하루의 전체적인 활동 스케줄에 영향을 미치는 개인의 사회경제적 특성인 Lifestyle Variables, 둘째, 개인의 기동성에 영향을 미치는 변수들의 집합인 Mobility Variables,

셋째, 목적지의 유인력을 설명하는 변수들의 집합인 Destination Activity Condition,

넷째, 개인의 수단 선택에 영향을 미치는 변수들의 집합인 Travel Condition 으로 설정하였다.

본 단계에서 설정된 변수(Variables) 및 속성(Attributes)은 모형 정산과정에서 통계적 유의성 및 일반적 판단 기준의 부합여부에 따라 재설정되었다. 결

과적으로 본 연구에서 개인의 활동 스케줄을 설명하는 변수는 <표 2>와 같으며 이러한 변수는 본 연구의 활동 스케줄링 모형의 설명변수로 사용되어진다.

<표 2> 변수의 유형 및 속성

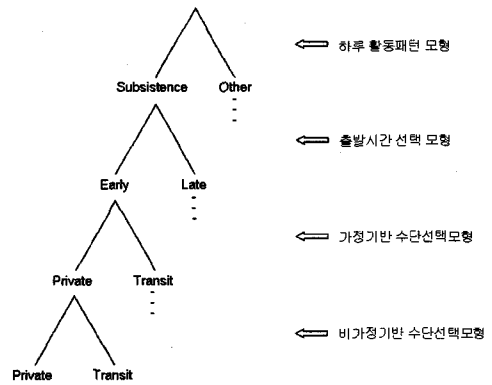
변수의 유형	변수의 속성	비고
Lifestyle Variables	AGE75	75세 이상이면 1, 아니면 0
	AGEB75	65세 ~ 75이하이면 1, 아니면 0
	AGE30	30세 이하이면 1, 아니면 0
	WOMAN30	30세 이상 여성이면 1, 아니면 0
	SEX	남성이면 1, 여성이면 0
	AJOB	전일제 직업은 1, 아니면 0
	PJOB	시간제 직업은 1, 아니면 0
	LOW	가구소득이 119만원 이하는 1,아니면 0
	HIGH	가구소득이 270만원 이상은 1,아니면 0
	EMH	초·중·고등학생이면 1, 아니면 0
UNIV	대학생이면 1, 아니면 0	
Mobility Variables	LIC	운전면허를 소유하면 1, 아니면 0
	CAR	가내 승용차를 소유하면 1, 아니면 0
	CHILD	가내 미취학 아동수가 2명 이상이면 1, 아니면 0
	HCAP	장애를 가지면 1, 없으면 0
Destination Activity Conditions	LONG	시·군간 통행은 1, 아니면 0
	TDUR	하루 활동의 총 지속시간(분 단위)
	START	하루 활동의 시작 시간(분 단위)
	END	하루 활동 종료 시간(분 단위)
	PMAX	목적 통행의 최대 지속 시간(분 단위)
	NOINTER	가정기반 통행과 비가정기반 통행으로만 이루어진 활동은 1,아니면 0
Travel Conditions	TIME	네트워크로부터 산출된 각 수단의 통행 시간(1000분 단위)
	COST	네트워크로부터 산출된 최단경로 거리에 업무통행과 비업무통행을 구분하여 원단위 및 시간가치를 적용한 일반화 비용(다른 사람이 운전하는 승용차를 이용한 경우는 운행비를 제외한 시간가치만을 적용*하였으며 단위는 1000원)

주 : * 에서 승용차 동승자의 운행비를 무료로 적용한 것은 동승시에 비용을 부담한다고 보기 어렵기 때문에 모든 모형에 적용

3. 활동 스케줄링 모형의 구조 설정

본 단계에서는 모형의 구조를 설정하는 과정이며 본 연구에서 구축하고자 하는 활동 스케줄링 모형은 크게 4 가지 모형으로 구성되어진다. 본 연구에서 설정한 모형의 구조는 첫째, 최상위 계층에는 하루통행의 활동패턴참여에 관한 모형(Day Activity Pattern Model)으로 개인의 하루 여행(Tours)에 제약을 부여하는 모형이며, 두

번째 계층은 통행패턴모형에 의한 제약하에서 가정기반의 출발시간을 선택하는 모형(Home-Based Departure Time Model)으로 구성되어진다. 세 번째 계층 역시, 상위 계층 모형들의 제약하에서 가정기반의 수단선택모형(Home-Based Mode Choice Model)으로 이루어진다. 마지막으로, 상위 계층 모형들의 제약하에서 하루의 주활동(Primary Activity) 목적지에서의 수단 선택 모형(Work-Based Mode Choice Model)으로 구성되어진다. 또한, 본 단계에서 설정된 모형구조는 정산과정에서 통계적 유의성 및 적용 가능성을 검토하여 재설정하였다.



<그림 4> 활동 스케줄링 모형 구조

4. 대안의 설정(Choice Set Generation)

본 연구에서 사용하는 2002년 가구통행실태조사 자료의 경우, 개인이 선택가능한 모든 대안(Universal Choice Set)은 47,040개의 대안을 가진다. 이러한 모든 대안의 고려는 실제 적용하는 것이 불가능하므로 로짓 모형의 IIA 성질을 이용하여, 관심이 있는 대안 및 유사한 대안을 그룹화하여 모형의 대안을 설정(Choice Set Generation)하는 것이 필요하다.

1) 하루 활동 패턴 모형의 대안 설정

앞 단계에서 설정된 설명 변수, 모형의 구조 및 대안을 바탕으로 본 연구에서는 <표 3>과 같이 하루 활동 패턴 모형의 대안은 출근, 등교, 학원수강 등과 같은 하루 활동에서 반드시 수행하여야 하는 활동으로 Subsistence 대안과 Subsistence 대안 이외에 쇼핑과 개인용무와 같이 하루 활동에서 선택적으로 선택하는 기타 대안으로 Others로 구분하였다.

〈표 3〉 하루 활동 패턴 모형의 대안

대안	가구통행실태조사 자료에서의 속성
Subsistence	출근, 등교, 학원수강, 직업관련업무, 업무후 직장으로 돌아감
Others	누군가를 태워주려고, 물건을 사러, 기타, 개인용무, 여가/오락/친교

〈표 4〉는 하루 활동 패턴 모형의 선택 대안에 대한 원 자료에서의 선택 비율이다. 직장인의 경우, 일반인과 고령자 모두에서 선택대안 Subsistence에 편중된 경향을 나타내었으며, 비직장인의 경우 Subsistence 이외의 활동 패턴인 Others에 편중된 경향을 가진 것으로 분석되었다.

〈표 4〉 선택 대안의 표본 비율

대안	일반인		고령자	
	직장인	비직장인	직장인	비직장인
Subsistence	0.92836	0.24141	0.76038	0.07400
Others	0.07164	0.75859	0.23962	0.92600

2) 가정기반 출발시간 모형의 대안 설정

본 연구에서는 기초자료 분석 결과 오전 9시를 기점으로 고령자와 일반인의 가정기반 출발시간에 차이가 발생한 것을 고려하여 〈표 5〉와 같이 가정기반 출발시간이 오전 9시 이전인 Early와 가정기반 출발시간이 오전 9시 이후인 Late 로 두 가지의 대안을 설정하였다.

〈표 5〉 가정기반 출발시간 모형의 대안 설정

대안	가구통행실태조사 자료에서의 속성
Early	가정기반 출발시간이 오전 9시 이전
Late	가정기반 출발시간이 오전 9시 이후

〈표 6〉은 하루 활동 패턴 모형의 선택 대안 Subsistence와 Others에서 각각의 출발선택에 대한 관측자료의 선택 비율이다. Subsistence를 선택한 경우 출발시간을 오전 9시 이전을 선택하는 경향이 높았으며, Others를 선택한 경우는 출발시간을 오전 9시 이후를 선택하는 경향이 높은 것으로 분석되었다.

〈표 6〉 선택 대안의 표본 비율

대안		일반인		고령자	
		직장인	비직장인	직장인	비직장인
Subsistence	Early	0.79024	0.11945	0.59665	0.03985
	Late	0.13811	0.12196	0.16374	0.03416
Others	Early	0.04009	0.09849	0.05831	0.13378
	Late	0.03155	0.66010	0.18131	0.79222

3) 가정기반 수단선택 모형의 대안 설정

본 연구에서는 현실 적용가능성 및 모형 설정의 편의성을 고려하여 가정기반 수단선택 모형의 대안은 〈표 7〉에서 보는바와 같이 개인교통수단을 선택한 대안으로 Private과 대중교통수단을 선택한 Transit으로 두 가지의 대안을 설정하였다.

〈표 7〉 가정기반 수단선택 모형의 대안 설정

대안	가구통행실태조사 자료에서의 속성
Private	승용차를 직접운전해서, 다른사람이 운전하는 승용차를 타고
Transit	통근/통학버스, 일반버스, 좌석버스, 고속버스, 마을버스, 기타버스(학원버스, 백화점버스)

가정기반 출발시간 선택 모형의 선택 대안 Early와 Late에서 각각의 수단선택에 대한 관측자료의 선택 비율 분석 결과 Early와 Late를 선택한 경우 모두 대중교통수단을 선택하는 경향이 조금 높은 것으로 분석되었다.

4) 비가정기반 수단선택 모형의 대안 설정

본 연구에서는 가정기반 수단선택 모형과 같이 현실 적용가능성 및 모형 설정의 편의성을 고려하여 가정기반 수단선택 모형의 대안은 〈표 8〉에서 보는바와 같이 개인교통수단을 선택한 대안으로 Private 과 대중교통수단을 선택한 Transit으로 두 가지의 대안을 설정하였다.

비가정기반 수단선택은 가정기반 수단선택에서 선택한 수단과 거의 유사한 수단을 선택하는 것으로 분석되었으며, 특히 고령자 중 비직장인의 경우 Subsistence-Early-Transit-Private와 같이 순차적으로 선택한 관측자료의 비율은 "0"으로써 존재하지 않으므로 본 연구에서 고령자의 비직장인에 대한 비가정기반 수단선택 모형의 선택대안에서 제외하였다.

5. 통합된 활동 스케줄링 모형 정산

본 연구에서 설정된 설명 변수, 모형의 구조 및 대

〈표 8〉 비가정기반 수단선택모형의 대안 설정

대안	가구통행실태조사 자료에서의 속성
Private	승용차를 직접운전해서, 다른사람이 운전하는 승용차를 타고
Transit	통근/통학버스, 일반버스, 좌석버스, 고속버스, 마을버스, 기타버스(학원버스, 백화점버스)

안을 바탕으로 상용 통계 패키지인 LIMDEP을 이용하여 네스티드 로짓모형(Nested Logit Model)의 모수(Parameters) 및 Inclusive Value의 모수를 추정하였다. 본 단계에서 추정된 모수의 통계적 유의성 및 모형의 적합도를 검토하여 필요한 경우, 모형 구조 및 대안의 재설정의 반복 과정을 수행하여 이론적으로 합리적이고 정확한 결과를 위한 모형을 정산하였다.

1) 일반인의 활동 스케줄링 모형 정산

앞 단계에서 설정된 설명 변수, 모형의 구조 및 대안을 바탕으로 상용 통계 패키지인 LIMDEP을 이용하여 네스티드 로짓모형(Nested Logit Model)의 모수(Parameters) 및 Inclusive Value의 모수를 추정하였다. 다음은 본 연구에서 구축한 일반인에 대한 직장인과 비직장인에 대한 각각의 활동 스케줄링 모형의 정산 결과이다.

(1) 직장인의 활동 스케줄링 모형 정산

일반인에 대한 직장인의 비가정기반 수단선택 모형의 설명변수 및 정산결과는 <표 9>, <표 10>과 같으며, 통행시간과 통행비용의 부호가 음으로 일반적인 판단기준에 부합하였다. 그리고 상수항을 포함한 Rho-Squared(0)가 0.95로 유의한 것으로 판단되며, 상수항을 제외한 Rho-Squared(c) 역시 0.91로써 본 연구에서 정산한 설명변수의 설명력이 높은 것으로 분석되어 통계적으로 유의한 결과로 판단된다. 높은 Rho-Squared의 이유는 Raw Data의 선택대안이 편중되어 높은 Rho-Squared를 얻은 것으로 판단된다. EMH(초·중·고등학생)의 계수가 4.220으로 다른 설명변수의 계수에 비해 높은 것으로 나타나 초·중·고등학생들의

<표 9> 직장인의 비가정기반 설명변수

선택 대안			설명 변수					
			Time	Cost	SPM ASC	EMH	STM ASC	Univ
Subsistence	Early	Private	0	0	0			
		Transit	0	0		0		
		Private	0	0				
		Transit	0	0			0	0
	Late	Private	0	0	0	0		
		Transit	0	0				
		Private	0	0				
		Transit	0	0			0	0

주 : Others에 대한 설명변수 설정은 Subsistence와 동일

<표 10> 직장인의 비가정기반 수단선택모형

Observations	21,649 명		
LL(0)	-60,023.77		
LL(c)	-33,905.83		
LL(B)	-3,194.21		
Rho-Squared (0)	0.95		
Rho-Squared (c)	0.91		
Variable	Coeff.	T-Stat.	P-Value
Time(통행시간)	-2.541	-1.452	0.146
Cost(통행비용)	-0.109	-8.353	0.000
SPMASC(개인교통 상수)	3.598	48.626	0.000
EMH(초·중·고)	4.220	35.346	0.000
STMASC(대중교통 상수)	3.218	54.158	0.000
Univ(대학생)	1.123	5.366	0.000

경우 대부분 대중교통수단을 이용하는 경향을 보였으며, Univ(대학생)의 경우 계수가 1.123으로서 초·중·고등학생보다는 적은 값을 나타내었으나 대중교통수단을 이용하는 경향이 높은 것으로 분석되었다.

일반인에 대한 직장인의 가정기반 수단선택 모형의 설명변수 및 정산결과는 <표 11>, <표 12>와 같으며, 통행시간과 통행비용의 부호가 음으로 일반적인 판단기준에

<표 11> 직장인의 가정기반 설명변수

선택 대안			설명 변수					
			Time	Cost	SPM ASC	SAIV	STIV	Univ
Subsistence	Early	Private	0	0	0	0		
		Transit	0	0			0	
	Late	Private	0	0		0		
		Transit	0	0			0	0

주 : Others에 대한 설명변수 설정은 Subsistence와 동일

<표 12> 직장인의 가정기반 수단선택 모형

Observations	21,649 명		
LL(0)	-45,017.83		
LL(c)	-30,021.91		
LL(B)	-14,498.47		
Rho-Squared (0)	0.68		
Rho-Squared (c)	0.52		
Variable	Coeff.	T-Stat.	P-Value
Time(통행시간)	-7.453	-9.684	0.000
Cost(통행비용)	-0.046	-3.618	0.000
Univ(대학생)	2.622	17.766	0.000
SPMASC(개인교통 상수)	-0.103	-2.710	0.006
SAIV(개인교통 I.V.)	-0.167	-5.945	0.000
STIV(대중교통 I.V.)	-0.123	-3.783	0.000

주 : SAIV와 STIV는 Inclusive Value

부합하였다. 그리고 상수항을 포함한 Rho-Squared(0)가 0.68로 유의한 것으로 판단되며, 상수항을 제외한 Rho-Squared(c) 역시 0.52로써 본 연구에서 정산한 설명변수의 설명력이 높은 것으로 분석되어 통계적으로 유의한 결과로 판단된다. Time(통행시간)의 계수가 -7.453으로써 비가정기반 수단선택모형의 Time에 대한 계수 -2.541보다 상당히 높은 값으로 추정되었으며, Cost(통행비용)의 계수가 -0.046으로 비가정기반 수단선택모형의 Cost에 대한 계수 -0.109보다 적은 값으로 추정된 결과로부터 9시 이전의 오전 침투시에 통행시간에 대해서는 민감하며 통행비용에 대해서는 민감도가 낮은 것으로 판단된다.

일반인에 대한 직장인의 가정기반 출발시간 선택 모형의 설명변수 및 정산결과는 <표 13>, <표 14>와 같으며, 상수항을 포함한 Rho-Squared(0)가 0.73으로 유의한

<표 13> 직장인 가정기반 출발시간 설명변수

선택 대안		설명 변수								
		TDUR	AJOB	ST	PJOB	CHILD	LOW	WOMAN30	AMIV	PMIV
Subsistence	Early	0	0	0					0	
	Late				0					0
Others	Early	0							0	
	Late					0	0	0		0

<표 14> 직장인의 가정기반 출발시간 모형

Observations	21,649 명		
LL(0)	-30,011.89		
LL(c)	-15,099.25		
LL(B)	-12,996.62		
Rho-Squared (0)	0.73		
Rho-Squared (c)	0.47		
Variable	Coeff.	T-Stat.	P-Value
TDUR(총 활동시간)	0.003	44.351	0.000
AJOB(전일제 직장근무)	0.098	1.865	0.062
ST(학생)	1.092	14.071	0.000
PJOB(시간제 직장근무)	0.589	7.707	0.000
CHILD(미취학 아동수2명 이상)	0.431	3.366	0.000
LOW(저 소득자)	0.733	5.403	0.000
WOMAN30(30세이상 여성)	1.294	8.512	0.000
AMIV(오전 IV)	0.469	7.124	0.000
PMIV(오후 IV)	1.047	24.999	0.000

것으로 판단되며, 상수항을 제외한 Rho-Squared (c) 역시 0.47로써 본 연구에서 정산한 설명변수의 설명력이 높은 것으로 분석되어 통계적으로 유의한 결과로 판단된다. WOMAN30(30세 이상 여성)의 계수가 1.294로써 30세 이상 여성의 경우 출발시간을 오전 침투시간을 피해 오전 9시 이후로 선택하는 경향이 높은 것으로 판단되며, 학생의 경우 등교로 인하여 출발시간을 오전 9시 이전으로 선택하는 경향이 높은 것으로 분석된다.

일반인에 대한 직장인의 하루 활동 패턴 선택 모형의 설명변수 및 정산결과는 <표 15>, <표 16>과 같으며, 상수항을 포함한 Rho-Squared(0)가 0.67로 유의한 것으로 판단되며, 상수항을 제외한 Rho-Squared(c)가 0.12로써 상수항을 제외한 설명변수의 설명력이 낮은 것으로 분석되었는데, 이는 직장인의 경우 출근 및 등교와 같이 반드시 수행하여야 하는 활동으로 인하여 다른 설명변수의 영향을 크게 받지 않는 것으로 인한 결과로 판단된다. START(하루 활동 시작 시간)의 계수가 -0.002로써 선택 대안 Subsistence의 경우 하루 활동의 시작 시간이 이른 것으로 분석되었으며, Subsistence 이외의 선택대안 Others의 경우 END(하루 활동 종료시간)의 계수가 0.0003으로 하루 활동 종료 시간이 늦은 것으로 분석된다.

<표 15> 직장인 하루 활동 패턴 설명변수

선택 대안	설명 변수					
	START	END	PMAX	SUBASC	SUBIV	ETCIV
Subsistence	0		0	0	0	
Others		0				0

<표 16> 직장인의 하루 활동 패턴 모형

Observations	21,649 명		
LL(0)	-15,005.94		
LL(c)	-5,582.59		
LL(B)	-4,916.92		
Rho-Squared (0)	0.67		
Rho-Squared (c)	0.12		
Variable	Coeff.	T-Stat.	P-Value
START(하루 활동 시작 시간)	-0.002	-8.962	0.000
END(하루 활동 종료 시간)	0.0003	1.596	0.110
PMAX(최대지속 시간)	0.003	11.096	0.000
SUBASC(subsistence 상수)	2.040	9.484	0.000
SUBIV(subsistence I.V.)	0.887	11.755	0.000
ETCIV(기타 I.V.)	0.693	9.134	0.000

(2) 비직장인의 활동 스케줄링 모형 정산

일반인에 대한 비직장인의 비가정기반 수단선택 모형의 설명변수 및 정산결과는 <표 17>, <표 18>과 같으며, 모형정산 결과 통행시간에 대한 비정상적인 결과로 인

<표 17> 비직장인의 비가정기반 설명변수

선택 대안			설명 변수					
			Cost	SPMASC	LIC	HIGH	STMASC	WOMAN30
Subsistence	Early	Private	0	0	0			
		Transit	0					
		Private	0					
		Transit	0				0	
	Late	Private	0	0	0			
		Transit	0					
Others	Early	Private	0	0	0	0		
		Transit	0					
		Private	0					
		Transit	0				0	0
	Late	Private	0	0	0			
		Transit	0					

<표 18> 비직장인의 비가정기반 수단선택 모형

Observations	2,386 명		
LL(0)	-6,615.40		
LL(c)	-4,273.35		
LL(B)	-384.85		
Rho-Squared (0)	0.94		
Rho-Squared (c)	0.91		
Variable	Coeff.	T-Stat.	P-Value
Cost(통행비용)	-0.149	-3.894	0.000
SPMASC(개인교통 상수)	2.052	7.248	0.000
LIC(운전면허 유무)	1.583	4.403	0.000
HIGH(고소득자)	-1.423	-3.018	0.002
STMASC(대중교통 상수)	3.372	22.211	0.000
WOMAN30(30세 이상 여성)	-0.774	-2.452	0.014

하여 통행시간변수를 제외하였다. 이는 비직장인의 경우 수단선택에 있어서 통행시간에 크게 민감하지 않은 경향으로 인한 결과로 판단된다. 직장인의 수단선택모형과 같이 높은 Rho-Squared의 이유는 Raw Data의 선택대안이 편중되어 높은 Rho-Squared를 얻은 것으로 판단된다. Cost의 계수가 -0.149로 직장인의 Cost의 계수인 -0.109보다 높게 추정되었다. 이는 비직장인의 경우 수단선택에 있어서 비용에 더 민감한 경향으로 판단되어진다.

일반인에 대한 비직장인의 가정기반 수단선택 모형의 설명변수 및 정산결과는 <표 19>, <표 20>과 같으며, 개인교통 상수인 SPMASC1과 SPMASC2의 계수가 각각 -1.452와 -2.376으로 가정기반 수단선택에서 개인교통수단을 회피하여 대중교통을 선택하는 경향이 높은 것으로 분석되었다.

<표 19> 비직장인의 가정기반 설명변수

선택 대안			설명 변수							
			Cost	LIC	SPMASC1	SPMASC2	HIGH	WOMAN30	SAIV	STIV
Subsistence	Early	Private	0	0	0				0	
		Transit	0					0		0
	Late	Private	0	0		0			0	
		Transit	0					0		0
Others	Early	Private	0	0	0		0		0	
		Transit	0					0		0
	Late	Private	0	0		0			0	
		Transit	0					0		0

<표 20> 비직장인의 가정기반 수단선택 모형

Observations	2,386 명		
LL(0)	-4,961.55		
LL(c)	-3,874.81		
LL(B)	-1,252.28		
Rho-Squared (0)	0.75		
Rho-Squared (c)	0.68		
Variable	Coeff.	T-Stat.	P-Value
Cost(통행비용)	-0.078	-1.619	0.105
LIC(운전면허 유무)	1.864	15.344	0.000
SPMASC1(개인교통 상수1)	-1.452	-7.132	0.000
SPMASC2(개인교통 상수2)	-2.376	15.068	0.000
HIGH(고소득자)	0.942	2.720	0.006
WOMAN30(30세 이상 여성)	-0.322	-2.542	0.011
SAIV(개인교통 I.V.)	0.452	2.856	0.004
STIV(대중교통 I.V.)	0.590	3.251	0.001

일반인에 대한 직장인의 가정기반 출발시간 선택 모형의 설명변수 및 정산결과는 <표 21>, <표 22>와 같이 통계적으로 유의하며, SEX(남성의 경우 1, 여성은 0)의 계수가 1.047로써 남성의 경우 가정에서의 출발시간이 여성에 비해 이른 것으로 분석되었다. 이는 여성의 경우 남편과 자녀들의 아침식사 등과 같은 가정에서의 활동으로 인한 결과로 판단되어지며, CHILD의 계수가 0.328로써 미취학 아동수가 2명 이상인 가구인 경우 출발시간이 늦어지는 경향이 있는 것으로 분석되었다.

<표 21> 비직장인 가정기반 출발시간 설명변수

선택 대안		설명 변수							
		TDUR	SEX	AMASC1	AMASC2	CHILD	WOMAN30	AMIV	PMIV
Subsistence	Early	0	0	0				0	0
	Late					0			
Others	Early	0	0		0			0	0
	Late					0	0		

<표 22> 비직장인의 가정기반 출발시간 모형

Observations	2,386 명		
LL(0)	-3307.70		
LL(c)	-2416.75		
LL(B)	-1927.73		
Rho-Squared (0)	0.74		
Rho-Squared (c)	0.65		
Variable	Coeff.	T-Stat.	P-Value
TDUR(총 활동시간)	0.006	18.217	0.000
SEX(성별)	1.047	4.479	0.000
AMASC1(오전 상수1)	-2.328	-7.460	0.000
AMASC2(오전 상수2)	-4.435	-14.690	0.000
CHILD(미취학 아동수 2명 이상)	0.328	2.282	0.022
WOMAN30(30세 이상 여성)	-0.725	-2.770	0.005
AMIV(오전 I.V.)	0.550	2.779	0.005
PMIV(오후 I.V.)	0.876	2.832	0.004

일반인에 대한 비직장인의 하루 활동 패턴 선택 모형의 설명변수 및 정산결과는 <표 23>, <표 24>와 같이 통계적으로 유의하며, END(하루 활동 종료 시간)의 계수가 -0.002로써 선택 대안 Subsistence의 경우 하루 활동의 종료 시간이 이른 것으로 분석되었으며, Subsistence 이외의 선택대안 Others의 경우 START(하루 활동 시작시간)의 계수가 0.005로써 하루 활동 시작 시간이 늦은 것으로 분석되었다.

<표 23> 직장인 하루 활동 패턴 설명변수

선택 대안	설명 변수					
	START	END	PMAX	AGE30	SUBIV	ETCIV
Subsistence		0		0	0	
Others	0		0			0

<표 24> 비직장인의 하루활동패턴 모형

Observations	2,386 명		
LL(0)	-1,653.85		
LL(c)	-1,318.74		
LL(B)	-1,045.51		
Rho-Squared (0)	0.37		
Rho-Squared (c)	0.21		
Variable	Coeff.	T-Stat.	P-Value
START(하루 활동 시작 시간)	0.005	10.481	0.000
END(하루 활동 종료 시간)	-0.002	-3.598	0.000
PMAX(최대지속 시간)	0.004	5.115	0.000
AGE30(30세 이하 연령)	1.193	6.812	0.000
SUBIV(subsistence I.V.)	0.736	3.972	0.000
ETCIV(기타 I.V.)	0.639	3.123	0.001

2) 고령자의 활동 스케줄링 모형 정산

일반인의 경우와 같이 앞 단계에서 설정된 설명 변수, 모형의 구조 및 대안을 바탕으로 네스티드 로짓 모형(Nested Logit Model)의 모수(Parameters) 및 Inclusive Value의 모수를 추정하였다.

본 연구에서 65세 이상을 고령자로 정의하였으며, 고령자의 경우 원 데이터에서 상대적으로 통행시간이 긴 대중교통의 선택비율이 높게 나타났다. 따라서 통행 시간, 통행비용, 운전면허증의 유무, 승용차 소유 유무 등을 설명변수로 설정하여 모형 정산한 결과, 원 데이터의 대중교통 선호에 의해 통행시간 계수가 양의 값을 나타냈으며, 전체적인 모형 적합도 역시 통행시간을 포함한 모형이 낮아, 본 연구에서는 통행시간 계수를 제외하여 모형을 정산하였다. 이는 통행시간을 제외한 설명변수들(통행비용, 운전면허증 유무, 승용차 소유 유무 등)의 의미가 상대적으로 통행시간의 설명력보다 높아 나타난 결과로 판단된다.

(1) 직장인의 활동 스케줄링 모형 정산

고령자에 대한 직장인의 비가정기반 수단선택 모형의 설명변수 및 정산결과는 <표 25>, <표 26>과 같으며, 통

행시간의 계수 추정 결과 비정상적인 결과를 도출하여 고령자의 경우 통행시간 변수는 제외하였다. 그리고 상수항을 포함한 Rho-Squared(0)가 0.96로 유의한 것

<표 25> 직장인의 비가정기반 설명변수

선택 대안			설명 변수							
			Cost	LIC	LONG	AGE75	SPMASC1	SPMASC2	STMASC1	STMASC2
Subsistence	Early	Private	0	0	0		0			
		Transit	0							
		Private	0							0
		Transit	0							
	Late	Private	0	0	0		0			
		Transit	0							
Others	Early	Private	0	0	0			0		
		Transit	0							
		Private	0						0	
		Transit	0			0				0
	Late	Private	0	0	0			0		
		Transit	0							
		Private	0							
		Transit	0							0

<표 26> 직장인의 비가정기반 수단선택 모형

Observations	1,252 명		
LL(0)	-3,471.28		
LL(c)	-2,272.83		
LL(B)	-145.28		
Rho-Squared (0)	0.96		
Rho-Squared (c)	0.94		
Variable	Coeff.	T-Stat.	P-Value
Cost(통행비용)	-0.176	-3.098	0.001
LIC(운전면허 유무)	1.768	3.274	0.001
LONG(장거리 통행)	1.404	1.691	0.090
AGE75(75세 이상)	-2.415	-2.866	0.004
SPMASC1(개인교통 상수1)	1.173	2.545	0.010
SPMASC2(개인교통 상수2)	2.786	3.833	0.000
STMASC1(대중교통 상수1)	4.199	11.586	0.000
STMASC2(대중교통 상수2)	3.695	9.534	0.000

으로 판단되며, 상수항을 제외한 Rho-Squared(c) 역시 0.94로써 본 연구에서 정산한 설명변수의 설명력이 높은 것으로 분석되어 통계적으로 유의한 결과로 판단된다. 높은 Rho-Squared의 이유는 Raw Data의 선택대안이 편중되어 높은 Rho-Squared를 얻은 것으로 판단된다. 고령자의 경우 장거리 통행의 경우 개인통행수단을 선택하는 경향이 높은 것으로 분석되었으며, AGE75(75세 이상)의 계수가 -2.415로써 75세 이상의 고령자는 개인교통수단을 선택하는 경향이 높은 것으로 분석되었는데 이는 신체적 노후화로 인해 대중교통수단의 이용에 어려움이 있는 것으로 판단된다.

고령자에 대한 직장인의 가정기반 수단선택 모형의 설명변수 및 정산결과는 <표 27>, <표 28>과 같이 통계적으로 유의하며, 개인교통상수인 SPMASC1과 SPMASC2의 계수가 각각 -2.404와 -2.607로써 고령자의 경우 전반적으로 개인교통수단을 회피하나 AGE75(75세 이상)

<표 27> 직장인의 가정기반 설명변수

선택 대안			설명 변수							
			Cost	CAR	LIC	AGE75	SPMASC1	SPMASC2	SAIV	STIV
Subsistence	Early	Private	0	0	0		0		0	
		Transit	0			0				0
	Others	Private	0	0	0			0	0	
		Transit	0			0				0

주 : Others에 대한 설명변수 설정은 Subsistence와 동일

<표 28> 직장인의 가정기반 수단선택 모형

Observations	1,252 명		
LL(0)	-2,603.46		
LL(c)	-2,116.37		
LL(B)	-576.38		
Rho-Squared (0)	0.78		
Rho-Squared (c)	0.73		
Variable	Coeff.	T-Stat.	P-Value
Cost(통행비용)	-0.135	-2.002	0.045
CAR(승용차 유무)	1.072	6.863	0.000
LIC(운전면허 유무)	2.145	9.421	0.000
AGE75(75세 이상)	-0.686	-2.273	0.023
SPMASC1(개인교통 상수1)	-2.404	-8.533	0.000
SPMASC2(개인교통 상수2)	-2.607	-11.531	0.000
SAIV(개인교통 I.V.)	0.141	1.069	0.285
STIV(대중교통 I.V.)	0.236	2.264	0.023

의 계수가 -0.686로써 75세 이상의 고령자는 비가정기반 수단선택 모형과 유사하게 개인교통수단을 선택하는 경향이 높은 것으로 분석되었는데 이는 신체적 노후화로 인해 대중교통수단의 이용에 어려움이 있는 것으로 판단된다. 또한 일반인에 비해 통행비용 계수의 절대값이 큰 것으로 보아 고령자의 경우 통행비용에 상대적으로 민감한 것으로 판단되어진다.

고령자에 대한 직장인의 가정기반 출발시간 선택 모형의 설명변수 및 정산결과는 <표 29>, <표 30>과 같이 통계적으로 유의하며, SEX의 계수가 -1.207로써 일반인의 결과와 상반되게 고령자 남성의 경우 가정기반 출발시간이 여성보다 늦은 것으로 분석되었으며, 저소득층 및 장애를 가진 고령자의 경우 가정기반 출발시간이 오전 9시 이후로 늦은 경향을 가진 것으로 분석되었다.

<표 29> 직장인 가정기반 출발시간 설명변수

선택 대안		설명 변수								
		TDUR	AJOB	PJOB	SEX	LOW	HCAP	CHILD	AMIV	PMIV
Subsistence	Early	0	0		0				0	
	Late			0		0	0			0
Others	Early	0			0				0	
	Late					0	0	0		0

<표 30> 직장인의 가정기반 출발시간 모형

Observations	1,252 명		
LL(0)	-1,735.64		
LL(c)	-1,351.80		
LL(B)	-619.26		
Rho-Squared (0)	0.64		
Rho-Squared (c)	0.54		
Variable	Coeff.	T-Stat.	P-Value
TDUR(총 활동시간)	0.004	11.549	0.000
AJOB(전일제 직장근무)	0.961	5.618	0.000
PJOB(시간제 직장근무)	-0.450	-1.890	0.058
SEX(성별)	-1.207	-7.575	0.000
LOW(저 소득자)	0.268	1.870	0.061
HCAP(장애 유무)	0.573	1.967	0.049
CHILD(미취학 아동수 2명 이상)	0.788	1.359	0.174
AMIV(오전 I.V.)	-0.902	-1.128	0.259
PMIV(오후 I.V.)	-0.940	-1.158	0.247

고령자에 대한 직장인의 하루 활동 패턴 모형의 설명

변수 및 정산결과는 <표 31>, <표 32>와 같이 통계적으로 유의한 결과이며, AGE75의 계수가 1.017로써 65세 이상에서 75세 이하의 고령자의 경우 하루 활동 패턴을 Subsistence를 선택하는 경향이 높은 것으로 분석되었으며, 저소득층의 경우 Subsistence 이외의 대안을 선택하는 경향이 높은 것으로 분석되었다.

<표 31> 직장인 하루 활동 패턴 설명변수

선택 대안	설명 변수							
	START	END	AGE75	NOINTER	LOW	SUBASC	SUBIV	ETCIV
Subsistence		0	0			0	0	
Others	0			0	0			0

<표 32> 직장인의 하루 활동 패턴 모형

Observations	1,252 명		
LL(0)	-867.82		
LL(c)	-689.39		
LL(B)	-452.84		
Rho-Squared (0)	0.48		
Rho-Squared (c)	0.34		
Variable	Coeff.	T-Stat.	P-Value
START(하루 활동 시작 시간)	0.002	3.724	0.000
END(하루 활동 종료 시간)	0.005	10.828	0.000
AGE75(75세 이하)	1.017	3.345	0.000
NOINTER(통행빈도 2)	-0.679	-3.409	0.000
LOW(저 소득자)	0.318	1.735	0.082
SUBASC(subsistence 상수)	-1.275	-2.132	0.033
SUBIV(subsistence I.V.)	0.888	3.501	0.000
ETCIV(기타 I.V.)	0.950	3.523	0.000

(2) 비직장인의 활동 스케줄링 모형 정산

고령자에 대한 직장인의 비가정기반 수단선택 모형의 설명변수 및 정산결과는 <표 33>, <표 34>와 같으며, 통행시간의 계수 추정 결과 비정상적인 결과를 도출하여 통행시간 변수는 제외하였으며, 통행비용의 부호가 음으로 일반적인 판단기준에 부합하였다. 그리고 상수항을 포함한 Rho-Squared(0)가 0.95로 유의한 것으로 판단되며, 상수항을 제외한 Rho-Squared(c) 역시 0.90로써 본 연구에서 정산한 설명변수의 설명력이 높은 것으로 분석되어 통계적으로 유의한 결과로 판단된다. 높은 Rho-Squared의 이유는 Raw Data의 선택대안이 편중되어 높은 Rho-Squared를 얻은 것으로 판단된다. <표 34>에서 보는 바

와 같이 고령자에 대한 비직장인의 경우 대중교통 상수인 STMASC1과 STMASC2의 계수가 각각 3.356과 3.912로써 다른 계수에 비해 상대적으로 큰 영향력을 가지는 것으로 분석되어 고령자에 대한 비직장인의 경우 대중교통의 선택 경향이 높은 것으로 판단된다.

〈표 33〉 비직장인의 비가정기반 설명변수

선택 대안			설명 변수					
			Cost	LIC	SPMASC	LONG	STMASC1	STMASC2
Subsistence	Early	Private	0	0				
		Transit	0					
		Private	Choice Set에서 제외					
		Transit	0					
	Late	Private	0	0				
		Transit	0					
		Private	0					
		Transit	0			0		
Others	Early	Private	0	0	0	0		
		Transit	0					
		Private	0					
		Transit	0				0	
	Late	Private	0	0	0			
		Transit	0					
		Private	0					
		Transit	0					0

〈표 34〉 비직장인의 비가정기반 수단선택 모형

Observations	1,054 명		
LL(0)	-2,903.59		
LL(c)	-1,352.52		
LL(B)	-134.02		
Rho-Squared (0)	0.95		
Rho-Squared (c)	0.90		
Variable	Coeff.	T-Stat.	P-Value
Cost(통행비용)	-0.139	-1.880	0.060
LIC(운전면허 유무)	1.171	2.716	0.006
SPMASC(개인교통 상수)	1.987	5.662	0.000
LONG(장거리)	-1.897	-1.926	0.054
STMASC1(대중교통 상수1)	3.356	3.300	0.001
STMASC2(대중교통 상수2)	3.912	14.916	0.000

고령자에 대한 비직장인의 가정기반 수단선택 모형의 설명변수 및 정산결과는 〈표 35〉, 〈표 36〉과 같이 통계적으로 유의하며, Cost의 계수가 -0.257로써 가

정기반 수단선택 모형의 Cost -0.139보다 큰 영향력을 가진 것으로 분석되어 오전 9시 이전의 수단선택에서 통행비용에 민감한 것으로 분석되었다.

〈표 35〉 비직장인의 가정기반 설명변수

선택 대안			설명 변수								
			Cost	AGE75	SEX	LIC	CAR	SPMASC1	SPMASC2	SPMASC3	TOTALIV
Subsistence	Early	Private	0			0	0	0			0
		Transit	0		0						0
	Late	Private	0			0	0	0			0
		Transit	0		0						0
Others	Early	Private	0			0	0		0		0
		Transit	0	0	0						0
	Late	Private	0			0	0			0	0
		Transit	0	0	0						0

〈표 36〉 비직장인의 가정기반 수단선택 모형

Observations	1,054 명		
LL(0)	-2,191.73		
LL(c)	-1,213.88		
LL(B)	-386.44		
Rho-Squared (0)	0.82		
Rho-Squared (c)	0.68		
Variable	Coeff.	T-Stat.	P-Value
Cost(통행비용)	-0.257	-1.891	0.058
AGE75(75세 이상)	0.520	1.598	0.109
SEX(성별)	1.203	1.891	0.058
LIC(운전면허 유무)	1.915	10.010	0.000
CAR(승용차 유무)	1.112	5.577	0.000
SPMASC1(개인교통 상수1)	-1.795	-4.094	0.000
SPMASC2(개인교통 상수2)	-2.794	-9.353	0.000
SPMASC3(개인교통 상수3)	-3.030	-14.861	0.000
TOTALIV(전체 I.V.)	0.347	1.799	0.072

고령자에 대한 비직장인의 가정기반 출발시간 선택 모형의 설명변수 및 정산결과는 〈표 37〉, 〈표 38〉과 같이 통계적으로 유의하며, 오전시간 상수인 AMASC의 계수가 -2.754으로써 고령자의 비직장인의 경우 오전 첨두시간을 피해 오전 9시 이후에 가정을 출발하는 경향이 높은 것으로 분석되었다. 또한 CHILD의 계수가 -0.311로써 고령자의 직장인 경우와 반대로 미취학 아동수가 2명 이상인 가구에서는 가정에서 출발 시간을 오전 9시 이전으로 선택하는 경향이 있는 것으로 분석되었다.

〈표 37〉 비직장인 가정기반 출발시간 설명변수

선택 대안		설명 변수					
		TDUR	NOINTER	CHILD	AMASC	AMIV	PMIV
Subsistence	Early	○			○	○	
	Late			○			○
Others	Early	○	○		○	○	
	Late			○			○

〈표 38〉 비직장인의 가정기반 출발시간 모형

Observations	1,054 명		
LL(0)	-1,461.15		
LL(c)	-735.04		
LL(B)	-398.49		
Rho-Squared (0)	0.73		
Rho-Squared (c)	0.46		
Variable	Coeff.	T-Stat.	P-Value
TDUR(총 활동시간)	0.005	10.142	0.000
NOINTER(통행빈도 2)	-0.555	-2.526	0.011
CHILD(머취학 아동수2명 이상)	-0.311	-1.688	0.091
AMASC(오전 상수)	-2.754	-11.397	0.000
AMIV(오전 I.V.)	-0.974	-2.288	0.022
PMIV(오후 I.V.)	-0.809	-2.078	0.037

고령자에 대한 비직장인의 하루 활동 패턴 선택 모형의 설명변수 및 정산결과는 〈표 39〉, 〈표 40〉과 같으며, 상수항을 포함한 Rho-Squared(0)가 0.69로 유의한 것으로 판단되며, 상수항을 제외한 Rho-Squared(c) 역시 0.18으로써 상수항을 제외한 설명변수의 설명력이 높지 않은 것으로 추정되었다. 이는 비직장인의 경우 하루 활동에서 반드시 수행하여야 하는 활동이 직장인에 비해 적기 때문인 것으로 판단된다. 65세 이상에서 75세 이하의 고령자의 경우 Subsistence를 선택하는 경향이 높은 것으로 분석되었으며, 저소득층의 경우는 직장인과 같이 Subsistence 이외의 대안을 선택하는 경향이 높은 것으로 분석되었다. 이는 75세 이하의 고령자가 사회 활동에 참여하는 비율이 상대적으로 높은 것으로 인한 결과로 판단되며, 저소득층의 경우 사회활동의 참여 비율이 상대적으로 낮은 것으로 인한 결과로 판단되어진다.

〈표 39〉 비직장인 하루 활동 패턴 설명변수

선택 대안	설명 변수						
	START	END	LOW	AGE75	SUBASC	SUBIV	ETCIV
Subsistence		○		○	○	○	
Others	○		○				○

〈표 40〉 비직장인의 하루 활동 패턴 모형

Observations	1,054 명		
LL(0)	-730.58		
LL(c)	-278.12		
LL(B)	-227.28		
Rho-Squared (0)	0.69		
Rho-Squared (c)	0.18		
Variable	Coeff.	T-Stat.	P-Value
START(하루 활동 시작 시간)	0.003	2.656	0.007
END(하루 활동 종료 시간)	0.005	5.711	0.000
LOW(저 소득자)	0.571	2.044	0.041
AGEB75(75세 이하)	0.914	2.048	0.040
SUBASC(subsistence 상수)	-2.463	-2.420	0.015
SUBIV(subsistence I.V.)	0.335	1.268	0.204
ETCIV(기타 I.V.)	0.962	2.599	0.009

N. 결론

1. 연구의 요약 및 결론

최근 고령화 문제가 사회적인 이슈로 대두됨에 따라 교통시설물 계획 등에서 고령인구의 통행특성을 고려한 계획 및 설계가 필수적으로 요구되어지고 있다. 하지만, 기존의 교통혼 중심의 집계분석 방법론에서는 일반인과 고령자의 평균값을 사용함으로써 고령자의 통행 특성 및 사회경제적 특성을 고려하는데 한계를 가지고 있다. 따라서 본 연구는 일반인과 다른 고령자의 통행 특성을 분석하기 위해 네스티드 로짓 모형을 이용하여 개인의 통행특성을 반영할 수 있는 비집계분석의 방법론으로 활동 스케줄링 모형을 구축하고 정립하였다.

기존의 연구에서는 국내 자료의 부적합으로 인해 실제 국내 적용은 불가능한 한계점을 가지고 있었다. 이러한 한계를 극복하고자 본 연구에서는 기존의 국내자

료를 최대한 활용하고자 2002년 서울시 가구통행실태 조사 자료를 활용하였으며, 가구통행실태조사 자료의 보완 및 네트워크의 Performance를 반영하기 위해 네트워크로부터 통행시간 및 통행비용을 산출하여 모형 정립에 활용하였다.

본 연구에서 정산된 활동스케줄링 모형은 정산과정에서 통계적 유의성 및 적용 가능성을 검토하여 4가지 모형으로 구성하였으며 첫째, 하루 통행의 활동패턴 참여에 관한 모형으로 개인의 하루 활동의 제약을 부여하는 활동 패턴 모형, 둘째, 활동 패턴모형의 제약하에서 가정기반의 출발시간을 선택하는 가정기반 출발시간 선택 모형, 셋째, 상위 계층 모형들의 제약하에서의 가정기반의 수단선택 모형, 마지막으로, 상위 계층 모형들의 제약하에서 비가정기반 수단선택 모형으로 이루어진다. 4개의 모형은 표준 로짓모형의 단점인 IIA 문제를 해결한 네스티드 로짓모형의 Inclusive Value를 통하여 상호 연관성을 가지는 통합 활동스케줄링 모형이다. 본 연구에서 고령자와 일반인의 통행특성을 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 고령자와 일반인의 비가정기반 수단 선택 모형의 분석 결과 직장인의 경우, 일반인은 통행시간과 통행비용 모두에 민감한 것으로 나타났으나 고령자는 통행비용에는 민감한 반면 통행시간에 대해서는 중요하게 고려하지 않는 것으로 나타났다. 이는 고령자들은 일반적으로 시간적인 여유는 많지만 경제적인 여유는 부족하기 때문인 것으로 판단되어진다. 그리고 비직장인의 경우 일반인과 고령자 모두에서 통행비용에는 민감한 반면 통행시간에는 민감하지 않는 것으로 분석되었다. 이러한 모형의 결과는 여가시간이 풍부하지만, 경제적인 여유가 부족한 계층으로서는 이러한 통행특성을 충분히 나타낸다고 볼 수 있다.

둘째, 가정기반 수단선택모형의 분석 결과 역시 비가정기반 수단선택 모형과 같이 일반인에 속하는 직장인들은 통행시간과 통행비용에 민감한 반면 일반인의 직장인을 제외한 고령자 및 일반인의 비직장인들 모두 통행시간은 중요하게 고려하지 않는 것으로 분석되었다. 특히, 일반인 중에서 직장인의 경우 가정기반 수단 선택에 가장 큰 영향을 주는 요인은 통행시간인 것으로 나타났다. 즉, 오전 9시 이전의 침두시간에 일반인의 직장인은 고령자 또는 일반인의 비직장인에 비해 상대적으로 통행비용에는 민감하지 않지만 통행시간에는 굉장히 큰 영향을 받는 것으로 분석되었다. 그리고 전체

적으로 고령자들은 대중교통수단을 선택하는 경향이 높은 것으로 분석되었으나 고령화로 인해 신체적으로 불편한 75세 이상의 고령자의 경우 대중교통수단 보다는 승용차와 같은 개인교통수단을 선택하는 경향이 높은 것으로 분석되었다. 이는 고령자의 경우 대중교통수단을 선호하나 신체적 불리함으로 인해 개인교통수단을 선택하는 것으로 판단되어진다.

셋째, 가정기반 출발시간선택모형의 분석결과 직장인의 경우, 일반인은 학생과 전일제 직장 근무자들은 출근과 등교와 같은 이유로 오전 침두시간인 9시 이전에 가정에서 출발하는 경향이 높은 것으로 분석되었으며, 고령자는 미취학 아동 수 2명 이상 존재하는 가구인 경우와 장애를 가지는 경우 오전 침두시간을 피해 9시 이후에 가정을 출발하는 것으로 분석되었다. 우리나라의 특성상 고령자의 경우 가구내 미취학 아동에 영향을 받는 것으로 판단된다. 또한 일반인들이 오전 9시 이전에 가정을 출발하는 경향이 높은 반면 고령자들은 오전 침두시간의 혼잡을 피해 오전 9시 이후엔 출발시간을 선택하는 경향이 높은 것으로 분석되었다.

넷째, 하루 활동 패턴 모형의 분석결과 고령자의 경우 65세 이상에서 75세 이하의 연령층이 사회활동에 참여하는 비중이 높은 것으로 분석되었으며 일반인들 중에서 비직장인의 경우 30세 이하의 연령층들이 사회활동에 참여하는 경향이 높았다.

이와 같이 본 연구에서의 분석결과 일반인과 비교해 고령자의 통행특성은 직장인과 비직장인 모두에서 출발시간과 수단 선택에서 큰 차이를 가지는 것으로 분석되었다. 이러한 개인 통행특성의 차이를 간과한 기존의 교통존 중심의 집계분석 방법론으로 장래 수요 예측시에 큰 편이를 초래할 것으로 예상된다. 고령화 인구 증가에 따라 고령자의 교통서비스 향상을 위해 고령자가 선호하는 대중교통수단에 대한 지속적인 투자가 필요할 것이다. 특히 75세 이상 고령자의 경우 대중교통수단의 이용율이 적은 것은 신체기능의 저하 및 보행불편, 전철역 접근시의 계단 등과 같은 장애물 때문인 것으로 판단된다. 그리고 고령화 인구가 증가함에 따라 75세 이상의 연령층 또한 급속할 것으로 예상되어지므로 75세 이상 고령자의 교통서비스 향상을 위해 고령자의 신체기능을 고려하여 전철역과의 접근성 향상에 노력을 기울여야 할 것으로 판단되며, 또한 고령자의 통행수단 선택시 가장 큰 영향을 주는 요인은 통행비용의 부담이라고 볼 수 있다. 따라서, 경제적인 여유가 부족한 고

령자가 외출하면서 부담 없이 삶의 기쁨을 누릴 수 있도록 하려면 통행비용을 보다 저렴하게 적용하거나 무료로 제공하는 방안이 필요하다고 판단되어진다.

본 연구에서 구축한 활동 스케줄링 모형은 국내에서는 처음으로 시도된 것이라 볼 수 있으며 구미를 중심으로 형성되고 있는 교통수요분석 분야의 새로운 패러다임인 활동기반접근은 이주 가까운 시일내 절대적 패러다임으로 발전할 것으로 예상되며, 이에 대비한 기초연구가 국내에서도 하루 빨리 이루어져야 할 것이다. 본 연구는 이러한 연구 분위기와 필요성을 강조할 수 있는 좋은 선행과제가 될 것으로 기대한다. 또한, 활동기반분석의 지속적인 연구 및 이에 대한 개발은 현재 대두되고 있는 도로사업 평가의 신뢰성, 향후 교통 시설물 계획 및 설계 평가에 중요 요소로 인식되는 교통량 예측 등에 대한 신뢰성 향상에 많은 기여를 할 것으로 판단된다.

2. 연구의 한계 및 향후 과제

본 연구에서는 2002년 서울시 가구통행실태조사의 자료 및 네트워크를 활용하여 고령자와 일반인에 대해 직장인과 비직장인에 대해서 활동 스케줄링 모형을 구축하였다.

그러나 본 연구 수행에 있어서 가구통행실태조사 자료의 경우 가정에서 이루어지는 활동이 조사되어지지 않아 본 연구에서는 가정에서의 활동 참여를 고려하지 못하는 한계점을 가지고 있다. 또한 통행시간과 통행비용을 준 중심의 집계분석을 위한 네트워크로부터 산정하여 시간대별 통행시간과 통행비용을 고려하지 못하는 한계점을 가진다. 이는 향후 정부적인 차원에서 자료 구축시 개선하여야 할 것으로 사료된다. 또한 본 연구에서는 모형 정산의 편의성을 위해 수단선택모형에서 도보와 택시 등과 같은 기타 수단을 제외하고 개인교통 수단과 대중교통수단으로 구분하였으나 향후연구에서는 더 세분화된 선택대안의 설정이 필요할 것이다.

참고문헌

1. 고령자 및 장애인 교통안전대책 연구(2002), 교통안전공단.
2. 안용성(2001), 구조방정식을 이용한 교통/활동패턴의 요일별 모형 구축에 관한 연구, 중앙대학교

대학원 도시공학과 석사학위 논문.

3. 안용성, 정진혁(2001), 개인성향, 활동참여, 통행패턴을 고려한 통합모형 구축에 관한 연구, 대한교통학회 학술발표회 발표논문집 1, pp.23~28.
4. 이동규(2001), 우리나라 직장인들의 통근시 수단 선택과 업무 후 비업무 방문 행태에 관한 연구, 중앙대학교 대학원 도시공학과 석사학위 논문.
5. 윤대식·윤성순(1995), 도시모형론, 홍문사
6. 윤대식, 안영희(2003), 고령자의 통행특성과 통행행태에 관한 연구, 대한국토·도시계획학회지 제38권 제7호
7. 윤대식(1997), 통근통행자의 통행패턴 선택행태의 분석, 대한교통학회지, 제15권 제4호, 대한교통학회, pp.35~51.
8. 윤대식, 조남건(2002), 고령자의 통행수단 선택시 영향을 주는 요인 연구, 국토연구 제33권, pp.129~144.
9. 정진혁, 이동규(2001), 순서형 프로빗 모형을 이용한 직장인의 퇴근 후 방문활동패턴분석 - 서울시를 중심으로, 대한 토목학회 학술 발표회 논문집.
10. 최연숙, 정진혁(2002b), Puget Sound Transportation Panel을 이용한 활동참여와 통행행동의 Dynamic SEM, 대한교통학회지, 제20권 제6호, 대한교통학회, pp.129~140.
11. 최연숙, 정진혁, 김성호(2003), 다수준 모형을 이용한 활동참여와 통행행태 분석, 대한교통학회지, 제20권 제7호, 대한교통학회, pp.79~85.
12. 최현주(2003), TRANSIMS의 인구생성모듈 적용성 검토, 중앙대학교 대학원 도시공학과 석사학위 논문.
13. 2002 서울시 가구통행실태조사 보고서(2003), 서울시
14. 2004년 고령자 통계 보고서(2004), 통계청
15. Ben-Akiva and Steven R. Lerman(1985), Discrete Choice analysis: theory and application to travel demand, Cambridge, Massachusetts: MIT Press
16. Ben-Akiva, M.E., Bowman, J. L.(1997), Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules,
17. Bowman, J. L.(1998), The day activity schedule approach to travel demand analysis. Ph. D. Thesis, Massachusetts Institute of

- Technology, USA.
18. Chung, J. H.(1997), Transportation Impact Simulation for Access Management and Other Land Use Policies Using Geographic Information Systems, Ph. D. Dissertation, The Pennsylvania State University, University Park.
 19. Chung, J. H., Lee, Y. S.(2002), Structural Equation Models of Day-To-Day Activity Participation and Travel Behavior in a Developing Country, Transportation Research Record #1807, pp.109~118.
 20. Golob, T. G., McNally, M. G.(1997), A model of activity participation and travel interactions between household heads, Transportation Research Part B, Vol 31, pp.177~194.
 21. Greene. W. (1986), LIMDEP Users' Manual, New York.
 22. Greene. W. (2002), Econometric Analysis, 5th edn, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
 23. Kenneth Train(2001), Discrete Choice Methods with Simulation, Cambridge University Press.
 24. McFadden. D. (1974), Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. Academic Press. New Your, pp.105~142
 25. Michael Fox(1995), Transport planning and the human activity approach, Journal of Transportation Geography, Vol 3, No. 2, pp.105~106.
 26. Pas, E. I.(1996), Recent advances in activity-based modeling, TMIP Activity-Based Travel Forecasting Conference, June 2-5, pp.79~102.
 27. Recker, W. W.(1999), A bridge between travel demand modeling and activity-based travel analysis, Transportation Research Part B, Vol 35, pp.481~506.

✉ 주 작 성 자 : 서상언

✉ 교 신 저 자 : 서상언

✉ 논문투고일 : 2005. 7. 25

✉ 논문심사일 : 2005. 12. 6 (1차)

2006. 5. 24 (2차)

2006. 6. 20 (3차)

✉ 심사판정일 : 2006. 6. 20

✉ 반론접수기한 : 2006. 12. 31